

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-092395

(43)Date of publication of application : 31.03.2000

(51)Int.Cl.

H04N 5/335  
H01L 27/146

(21)Application number : 10-257743

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 11.09.1998

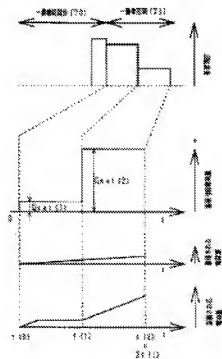
(72)Inventor : MURAKAMI ICHIRO  
NAKASHIBA YASUTAKA

## (54) SOLID-STATE IMAGE PICKUP DEVICE AND DRIVING METHOD THEREFOR

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To effectively improve a dynamic range by continuously or discontinuously changing storable electric charge time-sequentially within an image pickup period and also within a specified charge saturation of a sensor means.

**SOLUTION:** An electric charge storable within one image pickup period is made to change in two steps. A shutter voltage is applied outside a storage time  $T_0$  and the electric charge that is subjected to photoelectric conversion in a photodiode is swept out to a substrate. A substrate voltage which is lower than the shutter voltage and is higher than a blooming control voltage is applied at storage time  $t(0)$ , and thus,  $Q_{sat}(1)$  is defined. When the storage time becomes  $t(1)$ , the substrate voltage becomes low, and thus,  $Q_{sat}(2)$  whose storage electric charge is larger than that of the  $Q_{sat}(1)$  is defined. Furthermore,  $2 \times t(1) = t(2)$ . When photoelectric conversion efficiency changes due to quantity of light in the case of making storable electric charge change in multi-steps, the change is small and an image without the sense of incongruity to eyes can be offered.



(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H 0 4 N 5/335

H 0 1 L 27/146

識別記号

F I

H 0 4 N 5/335

H 0 1 L 27/14

テマコード\* (参考)

Q 4 M 1 1 8

A 5 C 0 2 4

審査請求 有 請求項の数13 ○ L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願平10-257743

(22) 出願日 平成10年9月11日 (1998.9.11)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 村上 一郎

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72) 発明者 中柴 康隆

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100070530

弁理士 畑 泰之

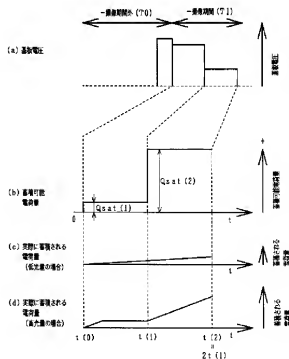
最終頁に続く

## (54) 【発明の名称】 固体撮像装置およびその駆動方法

## (57) 【要約】

【課題】 入射光量に対して蓄積される電荷量を電氣的に制限して、入射光に対するダイナミックレンジが大きく改善された固体撮像装置を提供する。

【解決手段】 蓄積時間内において基板電圧が段階的または連続的に低くする。これにより、段階的または連続的に蓄積可能な電荷量は増大する。このように蓄積可能な電荷量が推移することにより輝度の低い光が照射された際には定常的に飽和することなく蓄積される。一方、輝度の高い光が照射された際には、蓄積される電荷量は、一時的には飽和する期間が発生しているが、最終的な基板電圧においては飽和せずに光電変換した電荷はフォトダイオードに蓄積される。このような蓄積モードをとることにより、輝度の低い場合と比較して輝度の高い場合は、単位光量あたりに蓄積される電荷量は小さくなる。よって、最終的に飽和する輝度が高くなることからダイナミックレンジが向上する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 マトリックス状に配置された複数のセンサ手段、当該各センサ手段に接続され、当該各センサ手段で発生した電荷を蓄積する電荷蓄積手段、当該電荷蓄積手段の蓄積可能電荷量を調整する蓄積可能電荷調整手段、当該蓄積可能電荷調整手段を制御する制御手段とから構成された固体撮像装置であって、当該制御手段は、1 撮像期間内に於いて、且つ当該各センサ手段の規定電荷飽和量内で、時系列的に当該蓄積可能電荷量を連続的若しくは非連続的に変化させる制御を実行する様に構成されている事を特徴とする固体撮像装置。

【請求項 2】 当該センサ手段は、CMOS 型センサ手段及び縦型オーバーフロー型センサ手段から選択された一つである事を特徴とする請求項 1 記載の固体撮像装置。

【請求項 3】 当該蓄積可能電荷量は、当該 1 撮像期間内に於て、時系列的に漸次増加する様に制御されるものである事を特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の固体撮像装置。

【請求項 4】 当該蓄積可能電荷量を変化させるに際し、当該制御手段は、当該センサ手段の基板電圧若しくは当該センサ手段の電荷引き抜き手段を構成するトランジスタのゲート電圧を変化させる様に構成されている事を特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れかに記載の固体撮像装置。

【請求項 5】 マトリックス状に配置された複数のセンサ手段、当該各センサ手段に接続され、当該各センサ手段で発生した電荷を蓄積する電荷蓄積手段、当該電荷蓄積手段の蓄積可能電荷量を調整する蓄積可能電荷調整手段、当該蓄積可能電荷調整手段を制御する制御手段とから構成された固体撮像装置に於て、当該蓄積可能電荷量は、当該制御手段によって、1 撮像期間内に於いて、且つ当該各センサ手段の規定電荷飽和量内で、時系列的に当該蓄積可能電荷量を連続的若しくは非連続的に変化させる事を特徴とする固体撮像装置の駆動方法。

【請求項 6】 蓄積可能な電荷量を制御可能な固体撮像装置において、当該蓄積可能な電荷量の切替操作を、一撮像期間内に  $Qsat(1)$ 、 $Qsat(2)$  の順に行い、かつ  $Qsat(1)$  の蓄積モードの終了時間を  $t(1)$ 、一撮像期間の終了時間である第 2 の蓄積可能な電荷量の蓄積モードの終了時間を  $t(2)$  とした場合、 $Qsat(1)/t(1) < (Qsat(2) - Qsat(1))/(t(2) - t(1))$  の条件を満たしている事を特徴とする請求項 5 記載の固体撮像装置の駆動方法。

【請求項 7】 蓄積可能な電荷量を制御可能な固体撮像装置において、当該蓄積可能な電荷量切替操作を、一撮像期間内において、 $Qsat(1)$ 、 $Qsat(2)$ 、……、 $Qsat(n)$  の順に行い、かつその第 1 の蓄積可能な電荷量  $Qsat(1) \neq 0$  から第  $n$  の蓄積可能な電荷量  $Qsat(1) < Qsat(2) < \dots < Qsat(n)$  に逐次切替える事を特徴と

する請求項 5 記載の固体撮像装置の駆動方法。

【請求項 8】 蓄積開始から蓄積可能な電荷量が  $Qsat(m)$  である  $m$  段階目  $(2 \leq m \leq n)$  の蓄積モードまでの終了時間を  $t(m)$  (一撮像期間の終了時間は  $t(n)$ ) とした場合、 $2$  以上  $n$  未満のある  $m$ 、又はすべての  $m$  において  $(Qsat(m) - Qsat(m-1))/(t(m) - t(m-1)) < (Qsat(m+1) - Qsat(m))/(t(m+1) - t(m))$  の関係を満たすことを特徴とする請求項 7 に記載の固体撮像装置の駆動方法。

【請求項 9】 蓄積可能な電荷量を制御可能な固体撮像装置において、一撮像期間内に当該蓄積可能な電荷量が連続に変化し、その一撮像期間内における蓄積可能な電荷量の変化率  $d(Qsat)/dt$  が  $d(Qsat)/dt > 0$  である事を特徴とする請求項 5 に記載の固体撮像装置の駆動方法。

【請求項 10】 一撮像期間内のすべての期間または一部の期間において、その期間内における蓄積可能な電荷量の 2 次変化率  $d^2(Qsat)/dt^2$  が  $d^2(Qsat)/dt^2 > 0$  であることを特徴とする請求項 9 に記載の固体撮像装置の駆動方法。

【請求項 11】 当該一撮像期間の開始直前に於ける当該電荷蓄積手段に蓄積された電荷量は、実質的に零 (0) である事を特徴とする請求項 5 乃至 10 の何れかに記載の固体撮像装置の駆動方法。

【請求項 12】 当該一撮像期間の開始直前に於ける当該電荷蓄積手段に蓄積された電荷量は、予め定められた所定の電荷量が付加されている事を特徴とする請求項 5 乃至 10 の何れかに記載の固体撮像装置の駆動方法。

【請求項 13】 入射光量に対して所望の時間、信号電荷を蓄積し、基板電圧により電位障壁を制御することにより過剰電荷を基板に除去する蓄積可能な電荷量を制御可能に構成した縦型 OFD 構造を有する複数個の光電変換部からなる事を特徴とする請求項 1 記載の固体撮像装置。

【請求項 14】 入射光量に対して所望の時間、信号電荷を蓄積し、ゲート電圧により電位障壁を制御することによって過剰電荷を隣接した拡散層に除去する蓄積可能な電荷量を制御可能に構成された横型 OFD 構造を有する光電変換部からなる事を特徴とする請求項 1 記載の固体撮像装置。

【請求項 15】 上記した請求項 5 乃至 12 の何れかに記載された駆動方法を実行する制御手段を含む固体撮像装置。

【請求項 16】 上記した請求項 5 乃至 12 の何れかに記載された固体撮像装置の駆動方法をコンピュータに実行させるためのプログラムを内蔵した記録媒体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は固体撮像装置およびその駆動方法に関する

【0002】

【従来技術】 固体撮像装置を撮像装置として用いた固体撮像装置を電子カメラに適用する場合、撮像系のダイナミックレンジを十分大きくする必要がある。なぜなら固体撮像装置自体は、銀塩フィルムに比べると、そのダイナミックレンジが著しく狭いからである。

【0003】 そこで、上述した問題を解決するために、例えば特開平8-9260号公報が、撮像期間内において基板電圧を変化させ、フォトダイオードの蓄積可能な電荷量 ( $Q_{sat}$ ) を変化させることによってダイナミックレンジを拡大する方法を提案している。以下、当該従来技術の説明を行う。図13は、CCD型固体撮像装置に代表されるようなセル部の平面図であり、光電変換部101、垂直電荷転送部102、第1の電荷転送電極105、第2の電荷転送電極106から構成されている。

【0004】 図14は、図12のI-I'面のセル部の断面図でありN<sup>-</sup>型半導体基板107、P<sup>-</sup>型半導体基板108、N型半導体領域109、P<sup>+</sup>型半導体基板110、1層目の多結晶シリコン111で形成された第1の電荷転送電極105、2層目の多結晶シリコン112で形成された第2の電荷転送電極106、遮光膜となるアルミニウム膜113、絶縁膜114、カバー絶縁膜115から形成されている。

【0005】 図15は光電変換部の、電子ポテンシャルを示した図である。まず、フォトダイオードに電荷を蓄積する前に不要電荷をリセットするため、N<sup>-</sup>型半導体基板107に基板電圧  $V_{Hsub}$  を印加することにより、光電変換部101を構成するN型半導体領域109、および直下形成された濃度の薄いP<sup>-</sup>型半導体領域108を完全に空乏化させ不要電荷をすべてN<sup>-</sup>型半導体基板107に除去する。

【0006】 このような構造は一般に縦型オーバーフロー構造 (縦型OFD) と呼ばれている。(参考文献: テレビジョン学会誌、Vol. 37, No. 10(1983) pp782-787) 続いて、N<sup>-</sup>型半導体基板107に基板電圧  $V_{Hsub}$  (以下、基板電圧と記す) を印加し、光電変換部101にて入射光量に応じた信号電荷の蓄積を開始するとともに、基板電圧を任意に調整することによって、光電変換部101に蓄積しきれない余剰電荷を縦型OFD構造を使いN<sup>-</sup>型半導体基板107に除去し、蓄積可能な電荷量の制御を行う。

【0007】 この技術を用いて、固体撮像装置の蓄積可能な電荷量が撮像期間内に第一の蓄積可能な電荷量 ( $Q_{sat}(1) \neq 0$ )、第二の蓄積可能な電荷量 ( $Q_{sat}(2) \neq 0$ )、 $Q_{sat}(1) < Q_{sat}(2)$  の順に切替わるように固体撮像装置を制御する固体撮像装置の構成とする。この動作を行う為、固体撮像装置のOFD (オーバーフロー) に与える基板電圧を撮像期間内のある時間 ( $t(1)$ ) で変えることによって、撮像期間内の最初から時間  $t(1)$  までの固体撮像装置の蓄積可能な電荷量を

$Q_{sat}(1)$ 、時間  $t(1)$  後は  $Q_{sat}(2)$  と切替わるように基板電圧の制御を行う。

【0008】 このような機能をもつ固体撮像装置における撮像期間内に蓄積される電荷量と電荷蓄積時間の関係を図16の実線に示し、撮像期間内に蓄積される電荷量の光量依存性の関係を図17の実線に示す。図16及び図17の点線は、撮像期間内において蓄積可能な電荷量が変動しない場合の特性を示したものである。

【0009】 図16、図17に示される通り、蓄積可能な電荷量が変動しない場合と比較してダイナミックレンジの向上を実現することができる。つまり、撮像期間内に固体撮像装置の蓄積可能な電荷量を第1の電荷量 ( $Q_{sat}(1) \neq 0$ )、第2の電荷量 ( $Q_{sat}(2) \neq 0$ )、 $Q_{sat}(2) > Q_{sat}(1)$  の順に切替える手段を持つことによりダイナミックレンジの向上が得られる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、従来例のように  $t(1)$  を撮像期間内に設定し  $Q_{sat}(1)$  より  $Q_{sat}(2)$  の方が大きくするという条件のみで  $t(1)$ 、 $Q_{sat}(1)$  および  $Q_{sat}(2)$  を設定した場合、十分にダイナミックレンジは改善されず、さらには蓄積電荷量が変化しない場合と比較してもダイナミックレンジが変わらない場合もありうる。以下その説明を行う。

【0011】 図18は、 $t(1)$  を  $t(1a)$ 、 $t(1b)$ 、 $t(1c)$  と変えた場合の蓄積時間と蓄積電荷量との関係、図19は、入射光量と蓄積される電荷量との関係を示している。なお、 $t(1a) < t(1b) < t(1c)$  の関係をもっており  $t(1b)$  は撮像期間の中間点であり、 $2Q_{sat}(1) = Q_{sat}(2)$  とし、点線は、最大蓄積電荷量が一定の場合の特性を示している。

【0012】 図18および図19よりわかる通り、 $t(1c)$  の場合においては、最大蓄積電荷量が一定の場合と比較して、ダイナミックレンジが向上しているが、 $t(1a)$  および  $t(1b)$  の場合はいずれも最大蓄積電荷量が一定の場合と比較して向上していない。上記の原因は  $t(1)$ 、 $Q_{sat}(1)$  および  $Q_{sat}(2)$  が、 $Q_{sat}(1) < Q_{sat}(2)$  の条件のみで定めた為であり、このままでは、蓄積可能な電荷量が一定の場合と比較して増幅回路の利得及びダイナミックレンジの改善が図れないばかりではなく、蓄積電荷量が一定の場合と比較して回路が複雑になるという問題を発生する。

【0013】 又、特開平1-253960号公報には、固体撮像装置に関して開示されており、垂直CCDの信号転送飽和量を受光エレメントの飽和時における信号電荷量より大となる技術に関して記載されているが、撮像期間内に於て、蓄積可能な電荷量を多段に変化させる事に関して記載がない。又特開平5-22728号公報には、固体撮像素子に対応する増幅回路の利得及びホワイトバランス調整回路の利得に応じて各素子に於ける蓄積電荷量を可変させる技術が開示されているが、撮像期

間内に於て、蓄積可能電荷量を多段に変化させる事に關して記載がない。

【0014】更に、特開平10-150183号公報には、電荷の読み出し時に固体撮像素子のオーバーフロードレインバイアスを低下させる駆動系を備えた固体撮像装置が記載されているが、上記各公報と同様に1撮像期間内に於て、蓄積可能電荷量を多段に変化させる事に關して記載がない。従って、本発明の目的は、上記した従来技術の欠点を改良し、ダイナミックレンジを効果的に改善出来る固体撮像装置及びその駆動方法を提供することにある。

【0015】本発明の主な他の目的は光電変換効率が光量により変化した際にその変化が連続的に行われ、非連続的に変化する場合と比較して、目に違和感の伴う事のない固体撮像装置を提供することにある。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明は上記した目的を達成する為、以下に示す様な基本的な技術構成を採用するものである。即ち、本発明に係る第1の態様としては、マトリックス状に配置された複数のセンサ手段、当該各センサ手段に接続され、当該各センサ手段で発生した電荷を蓄積する電荷蓄積手段、当該電荷蓄積手段の蓄積可能電荷量を調整する蓄積可能電荷調整手段、当該蓄積可能電荷調整手段を制御する制御手段とから構成された固体撮像装置であって、当該制御手段は、1撮像期間内に於いて、且つ当該各センサ手段の規定電荷飽和量内で、時系列的に当該蓄積可能電荷量を連続的若しくは非連続的に変化させる制御を実行する様に構成されている固体撮像装置であり、又本発明に係る第2の態様としては、マトリックス状に配置された複数のセンサ手段、当該各センサ手段に接続され、当該各センサ手段で発生した電荷を蓄積する電荷蓄積手段、当該電荷蓄積手段の蓄積可能電荷量を調整する蓄積可能電荷調整手段、当該蓄積可能電荷調整手段を制御する制御手段とから構成された固体撮像装置に於て、当該蓄積可能電荷量は、当該制御手段によって、1撮像期間内に於いて、且つ当該各センサ手段の規定電荷飽和量内で、時系列的に当該蓄積可能電荷量を連続的若しくは非連続的に変化させる様に制御する固体撮像装置の駆動方法である。

【0017】

【発明の実施の形態】本発明に係る当該固体撮像装置及び固体撮像装置の駆動方法は、上記した様な技術構成を採用しているので、一撮像期間内に、蓄積可能な電荷量が2段階に変化する場合には、ダイナミックレンジは一撮像期間内を通じて蓄積可能電荷量が変化しない場合と比較して確実に著しく改善する。

【0018】さらに、蓄積可能な電荷量が、非連続的に2段階より大きな多段階に変化する場合には、ダイナミックレンジは蓄積電荷量が変化しない場合と比較して確実に著しく改善することに加えて、2段階に蓄積

可能な電荷量に変化する場合と比較しても、光電変換効率が光量により変化した際、その変化が小さく連続的な変化に近い設定にすることが可能な為、目に違和感の伴わない画像を提供することができる。

【0019】さらに、連続的に変化する場合には、ダイナミックレンジは、蓄積可能電荷量が変化しない場合と比較して著しく改善することに加えて、非連続的に蓄積可能な電荷量に変化する場合と比較しても、光電変換効率が光量により変化した際、その変化が連続的に行われることから、目にまったく違和感の伴わない画像を提供することができる。

【0020】

【実施例】以下に、本発明に係る固体撮像装置及び固体撮像装置の駆動方法の一具体例の構成を図面を参照しながら詳細に説明する。即ち、図1は、本発明に係る当該固体撮像装置1の一具体例の構成を示すブロックダイアグラムであって、図中、マトリックス状に配置された複数のセンサ手段2、当該各センサ手段2に接続され、当該各センサ手段2で発生した電荷を蓄積する電荷蓄積手段3、当該電荷蓄積手段3の蓄積可能電荷量を調整する蓄積可能電荷調整手段4、当該蓄積可能電荷調整手段4を制御する制御手段5とから構成された固体撮像装置1であって、当該制御手段5は、1撮像期間内に於いて、且つ当該各センサ手段2の規定電荷飽和量内で、時系列的に当該蓄積可能電荷量を連続的若しくは非連続的に変化させる制御を実行する様に構成されている固体撮像装置1が示されている。

【0021】本発明に係る当該固体撮像装置1に於いては、当該センサ手段2は、CMOS型センサ手段及び擬型オーバーフロードレイン型センサ手段から選択された一つである事が望ましい。又、本発明に於いては、当該固体撮像装置に於ける当該蓄積可能電荷量は、当該1撮像期間内に於て、時系列的に漸次増加する様に制御されるものである事が望ましい。

【0022】更に、本発明に於いては、当該蓄積可能電荷量を変化させるに際し、当該制御手段5は、例えば、当該センサ手段2の基板電圧若しくは当該センサ手段2の電荷引抜き手段を構成するトランジスタのゲート電圧を変化させる様に構成されている事も好ましい。本発明に係る当該固体撮像装置1は、図1に示す様に、当該制御手段5は、後述する幾つかの制御アプリケーションを記憶している制御プログラム供給手段6に接続されており、当該制御プログラム供給手段6から任意に選択された制御プログラムが当該制御手段5を制御する様に構成されている事が望ましい。

【0023】又、本発明に於ける当該固体撮像装置1に於いては、当該各センサ手段2に対応する個々の電荷蓄積手段3から適宜のタイミングで、当該電荷蓄積手段3に堆積されている電荷を別途設けられた出力手段7を介して出力するものである。尚、図1中8は当該固体撮像

装置 1 を構成する各手段を総合的に制御する中央演算手段 (CPU) である。

【0024】次に、本発明に係る上記した構成を有する固体撮像装置 1 を駆動する方法の具体例について図面を参照しながら詳細に説明する。まず、本発明に係る当該固体撮像装置 1 の固体撮像装置駆動方法としては、基本的には、マトリックス状に配置された複数のセンサ手段 2、当該各センサ手段 2 に接続され、当該各センサ手段 2 で発生した電荷を蓄積する電荷蓄積手段 3、当該電荷蓄積手段 3 の蓄積可能電荷量を調整する蓄積可能電荷調整手段 4、当該蓄積可能電荷調整手段 4 を制御する制御手段 5 とから構成された固体撮像装置 1 に於て、当該蓄積可能電荷量は、当該制御手段 5 によって、1 撮像期間内に於いて、且つ当該各センサ手段 2 の規定電荷飽和量内で、時系列的に当該蓄積可能電荷量を連続的若しくは非連続的に変化させる様に制御しながら駆動する方法である。

【0025】本発明に於ける当該固体撮像装置の駆動方法の好ましい具体例としては、当該固体撮像装置 1 に於ける当該蓄積可能電荷量は、当該 1 撮像期間内に於て、時系列的に漸次増加する様に制御されるものである。本発明に於ける当該蓄積可能電荷量を変化させる態様としては、特に限定されるものではないが、1 撮像期間内に於ける当該蓄積可能電荷量を変化させるタイミング、或いは、変化させるべき蓄積可能電荷量の程度等を単独或いは組み合わせて制御する事が望ましい。

【0026】係る電荷蓄積手段 3 に於ける当該蓄積可能電荷量を変化させる個々の具体例について、以下に説明する。まず、本発明に於ける当該固体撮像装置の駆動方法の第 1 の具体例としては、蓄積可能な電荷量を制御可能な固体撮像装置 1 において、当該蓄積可能な電荷量  $Q_{sat}(n)$  の切替操作を、一撮像期間 T 1 内に  $Q_{sat}(1)$ 、 $Q_{sat}(2)$  の順に行い、かつ  $Q_{sat}(1)$  の蓄積モードの終了時間を  $t(1)$ 、一撮像期間 T 1 の終了時間である第 2 の蓄積可能な電荷量の蓄積モードの終了時間を  $t(2)$  とした場合、 $Q_{sat}(1)/t(1) < Q_{sat}(2)/t(2)$  の条件を満たす様に制御するものである。

【0027】より詳細に本具体例について説明するならば、本具体例に於いては、図 2 に示す様に、一撮像期間 T 1 内に、蓄積可能な電荷量  $Q_{sat}(n)$  が 2 段階に変化する様に制御するものであつて、係る場合においては基板電圧、蓄積可能な電荷量およびフォトダイオードに実際に蓄積される電荷量  $Q_{sat}(n)$  を示す。図 2 (a) は一撮像期間 T 1 内における基板電圧を示している。

【0028】即ち、蓄積時間外 T 0 においては、定常的またはパルス信号としてのシャッタ電圧が加えられ、フォトダイオードで光電変換された電荷は基板に掃き出される。蓄積時間  $t(0)$  においては、シャッタ電圧よりも低くブルーミング抑制電圧よりも高い基板電圧が印加

され、これにより  $Q_{sat}(1)$  が定まる。

【0029】次に、蓄積時間が  $t(1)$  になった際には、基板電圧が低くなり、これにより  $Q_{sat}(1)$  より蓄積電荷量が大きい  $Q_{sat}(2)$  が定まる。なお、本実施の形態においては、一撮像期間に対して  $t(1)$  は中間点であるとしており、 $Q_{sat}(2)$  の蓄積モードの最終時間であり一撮像期間の終わりである  $t(2)$  に対して  $2 \times t(1) = t(2)$  の関係となっている。

【0030】さらに、 $2 \times Q_{sat}(1) < Q_{sat}(2)$  の関係を満たすように基板電圧が設定されている。このことにより、 $Q_{sat}(1)/t(1) < Q_{sat}(2)/t(2)$  の条件を満たしている。図 2 (b) は一撮像期間 T 1 内における蓄積可能な電荷量を示している。

【0031】図 2 (a) で定めたとように基板電圧を設定しているため、 $Q_{sat}(1)$  と比較して  $Q_{sat}(2)$  は 2 倍より大きな電荷量となっている。図 2 (c) および図 2 (d) は低光量の光、および高光量の光が照射された際にフォトダイオードに蓄積される電荷量を示している。図 2 (c) は低光量の光が照射された場合を示しており、一撮像期間内において電荷が溢れることなくフォトダイオード内に蓄積されている様子を示している。

【0032】一方、図 2 (d) は高光量の光が入射した場合に示しており、 $Q_{sat}(1)$  のモードの時間帯において、一時的には飽和する期間が発生しているが、 $Q_{sat}(2)$  のモードの時間帯においては、 $Q_{sat}(2)$  のモードが終了する  $t(2)$  時においても飽和せずに光電変換した電荷はフォトダイオードに蓄積される。従来例と大きく異なる点は  $Q_{sat}(1)$  のモードの時間帯においては飽和してしまう光量においても  $Q_{sat}(2)$  のモードにおいては飽和しない光量の領域が確実に存在することであり、この点が大きく異なる。

【0033】図 3 はフォトダイオード内に蓄積される電荷量の光量依存性を示している。実験で示した結果が本発明に於ける第 1 の具体例の形態による光量と実際に蓄積される電荷量との関係を示しており、点線が蓄積可能な電荷量が一定の場合における光量と蓄積される電荷量との関係を示している。つまり、 $S'(1)$  は蓄積可能な電荷量  $Q_{sat}(n)$  が一定の場合においてフォトダイオードが飽和する最小の光量を示している。

【0034】一方、光量  $S(1)$  以上の光量においては、 $Q_{sat}(1)$  時のモードの時間帯内でフォトダイオードは飽和状態となるが、 $S(1)$  以上  $S(2)$  以下の光量においては、 $Q_{sat}(2)$  時のモードの時間帯内でフォトダイオードは飽和状態にはならない。なお、 $S(2)$  以上の光量においては、 $Q_{sat}(1)$  時のモードの時間帯内および  $Q_{sat}(2)$  時のモードのいずれにおいてもその時間帯内でフォトダイオードは飽和状態となる。

【0035】 $S(2) > S'(1)$  の関係を示しており、第 1 の具体例の形態によりダイナミックレンジは従

来例よりも向上していることがわかる。なお、 $S(1)$  は、 $S'(1) > S(1)$  を満たす範囲内において任意に設定することができるが、 $S(2)$  は  $2Qsat(1) < Qsat(2)$  の条件を満たす  $Qsat(1)$  および  $Qsat(2)$  により一意に定まる。

【0036】次に、本発明に係る当該固体撮像装置の駆動方法の第2の具体例について説明するならば、当該第2の具体例に於いては、上記した第1の具体例と同様の制御を行うものであるが、当該制御の条件が第1の具体例とは若干異なる。つまり、本具体例に於いては、図4に示す様に、一撮像期間  $T$  内に、蓄積可能な電荷量が2段階に変化する場合には、基板電圧、蓄積可能な電荷量および実際にフォトダイオードに蓄積される電荷量を示す。

【0037】図4(a)は一撮像期間内における基板電圧を示している。蓄積時間外においては、図2と同様に定常またはパルス信号としてのシャッタ電圧がかわらね、フォトダイオードで光電変換された電荷は基板に排き出される。蓄積時間においては、シャッタ電圧よりも低くブルーミング抑制電圧よりも高い基板電圧が印加され、これにより  $Qsat(1)$  が定まる。

【0038】次に、蓄積時間が  $t(1)$  になった際に基板電圧が低くなり、これにより  $Qsat(1)$  より蓄積電荷量が大きな  $Qsat(2)$  が定まる。なお、本実施の形態においては、 $t(1)$  が一撮像期間の中間点よりも後半の時間帯に設定されており、 $Qsat(2)$  の蓄積モードの最終時間であり一撮像期間の終わりである  $t(2)$  に対して  $2 \times t(1) > t(2)$  の関係となっている。

【0039】さらに、 $2 \times Qsat(1) = Qsat(2)$  の関係を満たすように基板電圧が設定されている。このことにより、 $Qsat(1)/t(1) < (Qsat(2) - Qsat(1))/(t(2) - t(1))$  の条件を満たしている。図4(b)は一撮像期間内における蓄積可能な電荷量を示している。図4(a)で定めたように基板電圧を設定しているため、 $Qsat(1)$  の蓄積モードの様子と比較して  $Qsat(2)$  の蓄積モードの時間帯は短くなっている。

【0040】図4(c)および図4(d)は低光量の光、および高光量の光が照射された際にフォトダイオードに蓄積される図2の(c)および(d)と同様に、低光量の光が照射された場合は、一撮像期間内において電荷が溢れることなくフォトダイオード内に蓄積されており、一方高光量の光が入射した場合は、一時的には飽和する期間が発生しているが、 $Qsat(2)$  のモードの時間帯においては、飽和せずに光電変換した電荷はフォトダイオードに蓄積されている様子を示している。

【0041】図5はフォトダイオード内に蓄積される電荷量の光量依存性を示している。図3と同様に実験で示した結果が第2の実施の形態による光量と蓄積される電荷量との関係を示しており、点線が蓄積可能な電荷量と一定の場合における光量と蓄積される電荷量との関係を

示している。 $S'(1)$  は蓄積可能な電荷量が一定の場合においてフォトダイオードが飽和する最小の光量を示している。

【0042】光量  $S(1)$  以上の光量においては、 $Qsat(1)$  時のモードの時間帯内でフォトダイオードは飽和状態となるが、 $S(1)$  以上  $S(2)$  以下の光量においては、 $Qsat(2)$  時のモードの時間帯でフォトダイオードは飽和状態にはならない。なお、 $S(2)$  以上の光量においては、 $Qsat(1)$  時のモードの時間帯内および  $Qsat(2)$  時のモードのいずれにおいてもその時間帯内でフォトダイオードは飽和状態となる。

【0043】 $S(2) > S'(1)$  の関係を示しており、第2の実施の形態によりダイナミックレンジは従来例よりも向上していることがわかる。なお、 $S(2)$  は任意に設定することができるが、 $S(1)$  は、 $t(2) < 2 \times t(1)$  を満たす  $t(1)$  により一意に定まる。次に、本発明に係る当該固体撮像装置の駆動方法の第3の具体例について説明するならば、当該第3の具体例に於いては、蓄積可能な電荷量を制御可能な固体撮像装置において、当該蓄積可能な電荷量切替操作を、一撮像期間内において、 $Qsat(1)$ 、 $Qsat(2)$ 、……、 $Qsat(n)$  の順に行い、かつその第1の蓄積可能な電荷量 ( $Qsat(1) \neq 0$ ) から第  $n$  の蓄積可能な電荷量 ( $Qsat(1) < Qsat(2) < \dots < Qsat(n)$ ) に逐次切替える様に制御するものである。

【0044】つまり、本具体例に於いては、図6に示す様に、一撮像期間  $T$  内に、蓄積可能な電荷量を3段階或いは3段階以上の  $n$  段階の多段階に変化させる様に制御するものである。係る制御をする場合における基板電圧、蓄積可能な電荷量および実際にフォトダイオードに蓄積される電荷量を図6(a)～図6(d)にそれぞれ示す。

【0045】即ち、図6(a)は一撮像期間  $T$  内における基板電圧を示している。蓄積時間においては、シャッタ電圧よりも低くブルーミング抑制電圧よりも高い基板電圧が印加され、これにより  $Qsat(1)$  が定まる。次に、蓄積時間がスタート時点である  $t(0)$  から  $t(1)$  になった際には、基板電圧が低くなり、これにより  $Qsat(1)$  より蓄積電荷量が大きな  $Qsat(2)$  が定まる。このように、蓄積時間  $t(m-1)$  ( $2 \leq m \leq n$ ) になった際に基板電圧が低くなり、これにより  $Qsat(m-1)$  より蓄積電荷量が大きな  $Qsat(m)$  が定まる。

【0046】本具体例の形態においては、一撮像期間  $T$  内において  $t(1) = t(2) - t(1) = \dots = t(m) - t(m-1) = \dots = t(n) - t(n-1)$  であるとしており、各  $m$  に対して  $Qsat(m) - Qsat(m-1) < Qsat(m+1) - Qsat(m)$  の関係を満たすように基板電圧が設定されている。このことにより、各  $m$  に対して  $(Qsat(m) - Qsat(m-1))/t(m) - t(m-1) < (Qsat(m+1) - Qsat(m))/t(m) - t(m-1)$

$\neg(t(m+1) - t(m))$ の条件を満たしている。

【0047】図6(b)は一撮像期間T1内における蓄積可能な電荷量を示している。本具体例に於いては、図6(a)で定めたとおり基板電圧を設定しているため、任意のm( $2 \leq m \leq n$ )に対して、 $Qsat(m) - Qsat(m-1) < Qsat(m+1) - Qsat(m)$ の関係を保っている。同様に図6(c)および図6(d)は低光量の光、および高光量の光が照射された際にフォトダイオードに蓄積される電荷量を示している。

【0048】即ち、図6(c)は低光量の光が照射された場合を示しており、一撮像期間内において電荷が溢れることなくフォトダイオード内に蓄積されている様子を示している。一方、図6(d)は高光量の光が入射した場合を示しており、 $Qsat(m-1)$ のモードの時間帯およびそれ以前のモードの時間帯においては、それぞれ一時的には飽和する期間が発生しているが、 $Qsat(m)$ のモードの時間帯およびそれ以後の蓄積時間帯においては、 $Qsat(n)$ もモードが終了するt(n)時においてまで飽和せずに光電変換した電荷はフォトダイオードに蓄積される。

【0049】図7はフォトダイオード内に蓄積される電荷量の光量依存性を示している。即ち、図7に於ける実線で示した結果が本具体例の形態による光量と蓄積される電荷量との関係を示しており、点線が $Qsat$ が一定の場合における光量と蓄積される電荷量との関係を示している。又、 $S'(1)$ は蓄積可能な電荷量が一定の場合においてフォトダイオードが飽和する最小の光量を示している。

【0050】本具体例に於て、基板電圧がn段階に変化した場合、光量の変化に対して蓄積される電荷量の変化率が異なる分岐点かn-1箇所存在し、かつ $S(1) < S(2) < \dots < S(m) < \dots < S(n)$ (S(n)は一撮像期間の終了時間を示す)の関係をもっている。光量S(m)以上の光量においては、 $Qsat(1)$ 時のモードの時間帯から $Qsat(m)$ 時のモードの時間帯内までのモードの時間帯内までのモードの時間帯においてもフォトダイオードは飽和状態となるが、 $S(m)$ 以上 $S(m+1)$ 以下の光量においては、 $Qsat(m+1)$ 時のモードの時間帯から $Qsat(n)$ 時のモードの時間帯までいずれのモードの時間帯においてもフォトダイオードは飽和状態にはならない。

【0051】なお、 $S(n)$ 以上の光量においては、 $Qsat(1)$ 時のモードの時間帯から $Qsat(n)$ 時のモードの時間帯内のいずれのモードの時間帯においても、その各時間帯内においてフォトダイオードは飽和状態となる。

なお、 $S(1)$ は、 $S'(1) > S(1)$ を満たす範囲内において任意に設定することができるが、 $S(m)$ ( $2 \leq m \leq n$ )は、 $2 \leq m \leq n-1$ のすべてのmに対して $Qsat(m) - Qsat(m-1) < Qsat(m+1) - Qsat(m)$ の条件を満たす $Qsat(2)$ から $Qsat(n)$ により一意的に定まる。

【0052】図7より、電荷量は $S(n) > S'(1)$ の関係を示しており、本具体例の形態によりダイナミックレンジは従来例よりも向上していることがわかる。さらに本具体例を前記した第1と第2の具体例の形態と比較すると、ダイナミックレンジが蓄積電荷量が変化しない場合と比較して、光電変換効率が光量により変化した際、その変化がより小さく、連続的な変化に近い設定にすることが可能なため、目に違和感の伴わない画像を提供することができる。

【0053】なお、あるmに対して請求項3の条件である $(Qsat(m) - Qsat(m-1)) / (t(m) - t(m-1)) < (Qsat(m+1) - Qsat(m)) / (t(m+1) - t(m))$ の条件を満たさない場合においても、蓄積電荷量が変化しない場合と比較するとダイナミックレンジの向上は期待できるが、光量の変化に対して蓄積される電荷量の変化率が異なる分岐点かn-1箇所より少なくなるため、上記の請求項3の条件がすべてのmに対して満たしている場合と比較すると目に違和感の伴う画像となる。

【0054】次に、本発明に係る当該固体撮像装置の駆動方法の第4の具体例に付いて説明するならば、当該第4の具体例に於いては、蓄積開始から蓄積可能な電荷量が $Qsat(m)$ であるm段階目( $2 \leq m \leq n$ )の蓄積モードまでの終了時間をt(m)(一撮像期間の終了時間はt(n))とした場合、2以上n未満のあるm、又はすべてのmにおいて $(Qsat(m) - Qsat(m-1)) / (t(m) - t(m-1)) < (Qsat(m+1) - Qsat(m)) / (t(m+1) - t(m))$ の関係を満たす様に制御するものである。

【0055】つまり、本具体例に於いては、前記した第3の具体例と基本的には同じで、図8に示す様に、一撮像期間T1内に、蓄積可能な電荷量を3段階或いは3段階以上のn段階の多段階に変化させる様に制御するものであるが、当該電荷量を変更する時点に於けるタイミングが、順次短くなっているものである。係る制御をする場合における基板電圧、蓄積可能な電荷量および実際にフォトダイオードに蓄積される電荷量を図8(a)～図8(d)にそれぞれ示す。

【0056】図8に於て、図8(a)は、一撮像期間T1内における基板電圧を示している。蓄積時間においては、シャッタ電圧よりも低くブルーミング抑制電圧よりも高い基板電圧が印加され、これにより $Qsat(1)$ が定まる。次に、蓄積時間がt(0)からt(1)になった際には、基板電圧が低くなり、これにより $Qsat(1)$ より蓄積電荷量が大きくなり、 $Qsat(2)$ が定まる。

【0057】このように、蓄積時間t(m-1)( $2 \leq m \leq n$ )になった際に基板電圧が低くなり、これにより $Qsat(m-1)$ より蓄積電荷量が大きくなり、 $Qsat(m)$ が定まる。第4の具体例の形態においては、一撮像期間T1内において $t(1) > t(2) - t(1) > \dots > t(n) - t(n-1)$ の関係を満たすように制御する。



$m) - t(m-1) > \dots > t(n) - t(n-1)$  であるとしており、各 $m$ に対して、 $Qsat(m) - Qsat(m-1) = Qsat(m) - Qsat(m)$ の関係を満たすように基板電圧が設定されている。

【0058】このことにより、各 $m$ に対して( $Qsat(m) - Qsat(m-1) / (t(m) - t(m-1)) < (Qsat(m+1) - Qsat(m)) / (t(m+1) - t(m))$ )の条件を満たしている。図8(b)は一撮像期間T1内における蓄積可能な電荷量を示している。図8

(a)で定めたように基板電圧を設定しているため、任意の $m(2 \leq m \leq n)$ に対して、 $Qsat(m) - Qsat(m-1) = Qsat(m+1) - Qsat(m)$ の関係をたもっている。

【0059】図8(c)および図8(d)は低光量の光、および高光量の光が照射された際に実際にフォトダイオードに蓄積される電荷量を示している。図8(c)は低光量の光が照射された場合を示しており、一撮像期間内において電荷が溢れることなくフォトダイオード内に蓄積されている様子を示している。一方、図8(d)は高光量の光が入射した場合に示しており、 $Qsat(m-1)$ のモードの時間帯およびそれ以後のモードの時間帯においては、それぞれ一時的には飽和する期間が発生しているが、 $Qsat(m)$ のモードの時間帯およびそれ以後の蓄積時間帯においては、 $Qsat(n)$ もモードが終了する $t(n)$ の時間においてまで飽和せずに光電変換した電荷はフォトダイオードに蓄積される。

【0060】図9はフォトダイオード内に蓄積される電荷量の光量依存性を示している。実線で示した結果が本具体例の形態による光量と蓄積される電荷量との関係を示しており、点線が $Qsat$ が一定の場合における光量と蓄積される電荷量との関係を示している。 $S'(1)$ は蓄積可能な電荷量が一定の場合においてフォトダイオードが飽和する最小の光量を示している。

【0061】基板電圧が $n$ 段階に変化した場合、光量の変化に対して蓄積される電荷量の変化率が変わる分岐点がある $n-1$ 箇所存在し、かつ $S(1) < S(2) < \dots < S(m) < \dots < S(n)$  ( $S(n)$ は一撮像期間の終了時間)の関係をもっている。光量 $S(m)$ 以上の光量においては、 $Qsat(1)$ 時のモードの時間帯内から $Qsat(m)$ 時のモードの時間帯内まで全てのモードの時間帯においてもフォトダイオードは飽和状態となるが、 $S(m)$ 以上 $S(m+1)$ 以下の光量においては、 $Qsat(m+1)$ 時のモードの時間帯から $Qsat(n)$ 時のモードの時間帯までいずれのモードの時間帯においてもフォトダイオードは飽和状態にはならない。

【0062】なお、 $S(n)$ 以上の光量においては、 $Qsat(1)$ 時のモードの時間帯から $Qsat(n)$ 時のモードの時間帯内のいずれのモードの時間帯においても、その各時間帯内においてフォトダイオードは飽和状態となる。なお、この図9における $S(1)$ から $S(n)$ は、図2におけ

る $S(1)$ から $S(n)$ と等しくしている。ただし実際には、 $S(n)$ は任意に設定することができるが、 $S(m)$  ( $1 \leq m \leq n-1$ )は、 $2 \leq m \leq n-1$ のすべての $m$ に対して $t(m+1) - t(m) < t(m) - t(m-1)$ の条件を満たす $t(1)$ から $t(n-1)$ により一意的に定まる。

【0063】本具体例によるダイナミックレンジは従来例よりも向上していることがわかる。さらに第1及び第2の具体例の形態と比較すると、ダイナミックレンジが蓄積電荷量が変化しない場合と比較して、光電変換効率が光量により変化した際、その変化がより小さく、連続的な変化に近い設定にすることが可能なため、目と違和感の伴わない画像を提供することができる。

【0064】次に、本発明に係る当該固体撮像装置の駆動方法の第5の具体例について説明するならば、当該第5の具体例に於いては、蓄積可能な電荷量を制御可能な固体撮像装置において、一撮像期間内に当該蓄積可能な電荷量が連続に変化し、その一撮像期間内における蓄積可能な電荷量の変化率 $d(Qsat)/dt$ が $d(Qsat)/dt > 0$ となる様な関係を満たす様に制御するものである。

【0065】つまり、本具体例に於いては、一撮像期間内に於ける、蓄積可能な電荷量が連続に変化する様に制御するものであつて、係る制御をする場合においては基板電圧、蓄積可能な電荷量および実際にフォトダイオードに蓄積される電荷量を図10(a)～図10(d)にそれぞれ示す。図10(a)は一撮像期間T1内における基板電圧を示している。蓄積時間においては、シャッタ電圧よりも低いフルミング抑制電圧よりも高い基板電圧が印加され、この基板電圧は連続的に徐々に低くなる。

【0066】この時、一撮像期間T1内における蓄積開始からの蓄積時間 $t_1$ における蓄積可能な電荷量 $Qsat(t)$ が定まる。この際、蓄積開始から一撮像期間T1の終了時間( $t_p$ とする)まで、任意の $t$ に対して $d(Qsat(t))/dt > 0$ および $d^2(Qsat(t))/dt^2 > 0$ の関係を満たすように基板電圧が設定されている。

【0067】図10(b)は一撮像期間内における蓄積可能な電荷量を示している。図10(a)で定めたように基板電圧を設定しているため、蓄積可能な電荷量は下に凸に増加する連続曲線となっている。又、図10

(c)および図10(d)は低光量の光、および高光量の光が照射された際にフォトダイオードに蓄積される電荷量を示している。図10(c)は低光量の光および高光量に光とある蓄積時間までは飽和しているが、低光量の場合は $t_1$ 、高光量の場合は、 $t_1$ よりあとの蓄積時間の $t_2$ 以後、一撮像期間の終了時間までフォトダイオードは、飽和せずに光電変換した電荷はフォトダイオードに蓄積される。

【0068】図11はフォトダイオード内に蓄積される

電荷量の光量依存性を示している。実線で示した曲線の結果は、本具体例の形態による光量と蓄積される電荷量との関係を示しており、点線は蓄積可能な電荷量が一定の場合における光量と蓄積される電荷量との関係を示している。本具体例に於いては、基板電圧が、 $d(Qsat(t))/dt > 0$  および  $d^2(Qsat(t))/dt^2 > 0$  の関係を満たすように連続に変化した場合、光量の変化に対して蓄積される電荷量も上に凸な連続な増加曲線となる。

【0069】光量  $S(m)$  以上の光量においては、この  $m$  に 1 対 1 に対応するある蓄積時間  $t_m$  ( $S(m) < S(n)$ ) の場合、 $t_m < t_n$  となる) の時間帯までフォトダイオードは飽和状態となるが、 $S(m)$  以上  $S(t_p)$  以下の光量においては、フォトダイオードは飽和状態にはならない。なお、 $S(t_p)$  以上の光量においては、一撮像期間内すべにおいてフォトダイオードは飽和状態となる。

【0070】なお、 $S(t_p)$  は任意に設定することができるが、実際の光量の変化に対応する蓄積される電荷量を示す曲線は、 $0 \leq t < t_p$  までのすべての  $t$  に対して  $d(Qsat)/dt > 0$ 、および  $d^2(Qsat)/dt^2 > 0$  を満たす  $Qsat(t)$  ( $0 \leq t \leq t_p$ ) により一意的に決定される。本具体例によりダイナミックレンジは従来例よりも向上していることがわかる。さらに第 1 から第 4 の具体例の形態の内第 4 の具体例の形態と比較すると、非連続的に蓄積可能な電荷量に変化する場合と比較しても、光電変換効率が光量により変化した際、その変化は連続的に行われることから、目にまったく違和感の伴わない画像を提供することができる。

【0071】つまり、本具体例の他の具体例としては、一撮像期間内のすべての期間または一部の期間において、その期間内における蓄積可能な電荷量が 2 次変換率  $d^2(Qsat)/dt^2$  が  $d^2(Qsat)/dt^2 > 0$  となる様に制御する事も望ましい。なお、ある蓄積時間  $t_m$  から  $t_n$  において本具体例に於ける制御条件である、 $d^2(Qsat)/dt^2 > 0$  を満たさなく、 $d^2(Qsat)/dt^2 = 0$  である場合においても、蓄積電荷量が変化しない場合と比較するとダイナミックレンジの向上は期待でき、さらに、光電変換効率が光量により変化した際、その変化は連続的に行われる為、目にまったく違和感の伴わない画像となる。

【0072】ただし、 $t_m$  から  $t_n$  の期間においては、 $t_m$  に 1 対 1 に対応する、ある  $S(m)$  以上の光量においては、フォトダイオードは常に飽和していることとなる。また、 $t_m$  から  $t_n$  の期間において  $d^2(Qsat)/dt^2 < 0$  となった場合、光量  $S(m)$  において、光電変換効率は不連続となり、目に多少違和感の伴う画像となる。

【0073】更に、本発明に於ける具体例に於いては、基本的には、当該一撮像期間  $T$  の開始直前に於ける当該電荷蓄積手段に蓄積された電荷量は、実質的に零

(0) としておく事が望ましいが、場合によっては、図 10 (a) 及び図 10 (b) の 1 点鎖線に示す様に、当該一撮像期間  $T$  の開始直前に於ける当該電荷蓄積手段に蓄積された電荷量を零 (0) とせず、予め定められた所定の電荷量を意図的に付加しておくことも好ましい。

【0074】即ち、上記した各具体例に於て、当該 1 撮像期間のスタート時点  $t(0)$  に於て、当該電荷蓄積手段に電荷が全く蓄積されていない場合、当該蓄積電荷量の量はばらつきが多く、係る時点に於ける当該蓄積電荷量のバラツキは、人間の視覚に大きく影響する事から、違和感を与える場合が多くなる。従って、係る問題を回避する為に、当該電荷蓄積手段に予め定められた所定の電荷を与えておく事が望ましい。

【0075】具体的には、例えば、当該電荷蓄積手段に所定の電圧を印加する、所定の量の電荷を残留させておく、等の方法が考えられる。従って、係る具体例に於いては、当該 1 撮像期間のスタート時点に於て、図 10 (a) の一点鎖線に示す様に、基板電圧が一旦急激に低下する事になる。なお上記した本発明に係る第 1 から第 5 の具体例においては、C/D 型固体撮像装置に代表されるような、縦型 OFD 構造を有する光電変換部により基板電圧の変化に対して蓄積可能な電荷量を変化させているが、これは、CMOS 型固体撮像装置などに代表されるような、いわゆる、横型 OFD 構造を有する光電変換部においても第 1 から第 5 の実施例における概念はまったく同じように用いることができる。以下、この説明を行う。

【0076】図 12 (a) CMOS 型固体撮像装置に代表される光電変換部の断面図である。P-型半導体基板 221、P-型半導体領域 222、P+ 型半導体領域 223、N-型半導体領域 224、N+ 型半導体領域 225、リセットトランジスタ 211、ソースフォロア回路のドライバトランジスタ 212、選択トランジスタ 213 から構成されている。

【0077】まず、一撮像期間となる前に不要電荷をリセットするために、図 12 (b) に示したようにリセットトランジスタ 211 に電圧  $V_{Hb}$  を印加することにより、リセットトランジスタ 211 下の電位を深くし、光電変換部 201 を構成する N 型半導体領域 224 の電位を電源電圧  $VDD$  にセットする。続いて、図 12 (c) に示したようにリセットトランジスタ 211 に電圧  $V_{Hb}$  を印加し、光電変換部 201 に入射光量に応じた信号電荷の蓄積を開始するとともに、光電変換部 201 に蓄積されたい余剰電荷を水平 OFD 構造を使って電源電圧  $VDD$  が印加された N+ 半導体領域 225 に除去する、ブルーミング制御を行う。

【0078】この際、電圧  $V_{Hb}$  により蓄積可能な電荷量が定まるが、この  $V_{Hb}$  を一撮像期間内において変動させることにより、蓄積可能な電荷量を任意にコントロール

ることができる。上記した様に、本発明に係る当該固体撮像装置 1 の構成を更に詳細に説明するならば、当該固体撮像装置 1 は、入射光量に対して所望の時間、信号電荷を蓄積し、基板電圧により電位障壁を制御することにより過剰電荷を基板に除去する蓄積可能な電荷量を制御可能に構成した縦型 OFD 構造を有する複数の光電変換部から構成されていても良く、又、入射光量に対して所望の時間、信号電荷を蓄積し、ゲート電圧により電位障壁を制御することによって過剰電荷を隣接した拡散層に除去する蓄積可能な電荷量を制御可能に構成された横型 OFD 構造を有する光電変換部から構成されていても良い。

【0079】又、本発明に係る他の態様としては、上記した固体撮像装置の制御方法をコンピュータに実行させるためのプログラムを内蔵した記録媒体である。

【0080】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、一撮像期間内に、蓄積可能な電荷量が 2 段階に変化する場合には、ダイナミックレンジは一撮像期間内通じて蓄積可能な電荷量に変化しない場合と比較して確実に著しく改善する。さらに、蓄積可能な電荷量が、非連続的に 2 段階より大きな多段階に変化する場合には、ダイナミックレンジは蓄積可能な電荷量に変化しない場合と比較して確実に著しく改善することに加えて、2 段階に蓄積可能な電荷量が増加する場合と比較しても、光電変換効率が光量により変化した際、その変化が小さく連続的な変化に近い設定にすることが可能で、目に違和感の伴わない画像を提供することができる。

【0081】さらに、連続的に変化する場合には、ダイナミックレンジは、蓄積可能な電荷量が増加しない場合と比較して著しく改善することに加えて、非連続的に蓄積可能な電荷量が増加する場合と比較しても、光電変換効率が光量により変化した際、その変化が連続的に行われることから、目にまったく違和感の伴わない画像を提供することができる。

【0082】なお、本発明は上記各実施例に限定されず、本発明の技術思想の範囲内において、各実施例は適宜変更され得ることは明らかである。

【図面の簡単な説明】

【図 1】図 1 は、本発明に係る固体撮像装置の一具体例の構成を示すブロックダイアグラムである。

【図 2】図 2 は、本発明における第 1 の具体例における基板電圧、蓄積時間、蓄積可能な電荷量および実際に蓄積される電荷量の関係を示す特性図。

【図 3】図 3 は、本発明における第 1 の具体例における実際に蓄積される電荷量の光量依存性を示す特性図。

【図 4】図 4 は、本発明における第 2 の具体例における基板電圧、蓄積時間、蓄積可能な電荷量および実際に蓄積される電荷量の関係を示す特性図。

【図 5】図 5 は、本発明における第 2 の具体例における

実際に蓄積される電荷量の光量依存性を示す特性図。

【図 6】図 6 は、本発明における第 3 の具体例における基板電圧、蓄積時間、蓄積可能な電荷量および実際に蓄積される電荷量の関係を示す特性図。

【図 7】図 7 は、本発明における第 3 の具体例における実際に蓄積される電荷量の光量依存性を示す特性図。

【図 8】図 8 は、本発明における第 4 の具体例における基板電圧、蓄積時間、蓄積可能な電荷量および実際に蓄積される電荷量の関係を示す特性図。

【図 9】図 9 は、本発明における第 4 の具体例における実際に蓄積される電荷量の光量依存性を示す特性図。

【図 10】図 10 は、本発明における第 5 の具体例における基板電圧、蓄積時間、蓄積可能な電荷量および実際に蓄積される電荷量の関係を示す特性図。

【図 11】図 11 は、本発明における第 5 の具体例における実際に蓄積される電荷量の光量依存性を示す特性図。

【図 12】図 12 は、本発明における固体撮像装置に於て使用される横型 OFD 構造を有する光電変換部の断面図と電位ポテンシャル図である。

【図 13】図 13 は、従来例の C C D 型固体撮像装置の光電変換部の平面図である。

【図 14】図 14 は、従来例の C C D 型固体撮像装置の光電変換部の T-T' 面の断面図である。

【図 15】図 15 は、従来例の縦型 OFD 構造を有する光電変換部のポテンシャル図である。

【図 16】図 16 は、従来例における、蓄積される電荷量の蓄積時間依存性を示す特性図。

【図 17】図 17 は、従来例における、蓄積される電荷量の光量依存性を示す特性図。

【図 18】図 18 は、従来例における課題となる蓄積される電荷量の蓄積時間依存性を示す特性図。

【図 19】図 19 は、従来例における課題となる蓄積される電荷量の光量依存性を示す特性図。

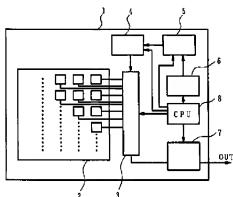
【符号の説明】

- 1 … 固体撮像装置
- 2 … センサ手段
- 3 … 電荷蓄積手段
- 4 … 蓄積可能電荷調整手段
- 5 … 制御手段
- 6 … プログラム記憶手段
- 7 … 出力手段
- 8 … 中央演算手段 (CPU)
- 101 … 光電変換部
- 102 … 垂直電荷転送部
- 105 … 第 1 の電荷転送電極
- 106 … 第 2 の電荷転送電極
- 107 … N<sup>+</sup> 型半導体基板
- 108 … P<sup>+</sup> 型半導体基板
- 109 … N 型半導体領域

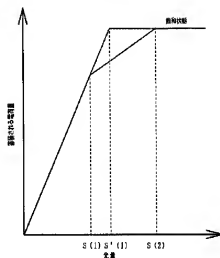
- 110...P<sup>+</sup>型半導体基板
- 111...1層目の多結晶シリコン
- 112...2層目の多結晶シリコン
- 113...遮光膜となるアルミニウム膜
- 114...絶縁膜
- 115...カバー絶縁膜
- 211...リセットトランジスタ
- 212...ソースフォロアンプ回路のドライブトランジ

- スタ
- 213...選択トランジスタ
- 221...P<sup>-</sup>型半導体基板
- 222...P型半導体領域
- 223...P<sup>+</sup>型半導体領域
- 224...N型半導体領域
- 225...N<sup>+</sup>型半導体領域

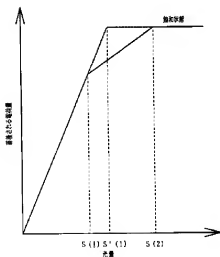
【図1】



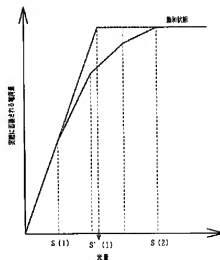
【図3】



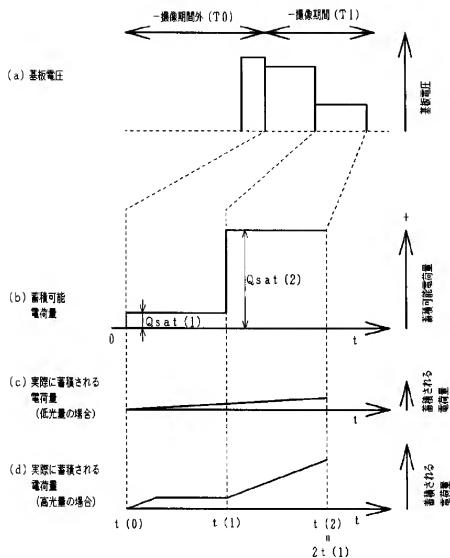
【図5】



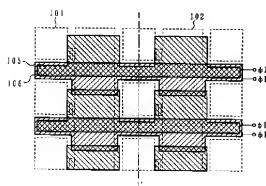
【図7】



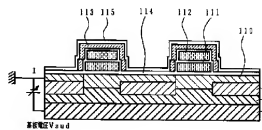
【図2】



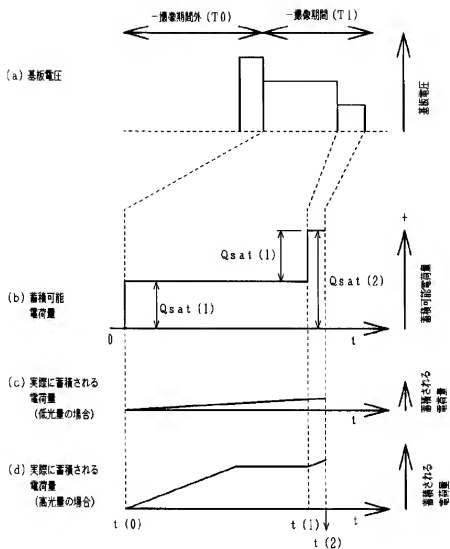
【図13】



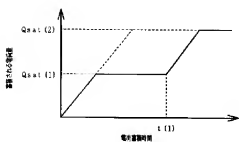
【図14】



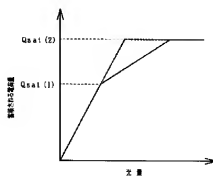
【図4】



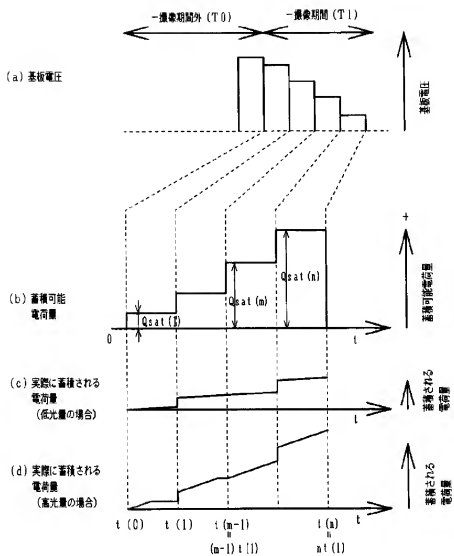
【図16】



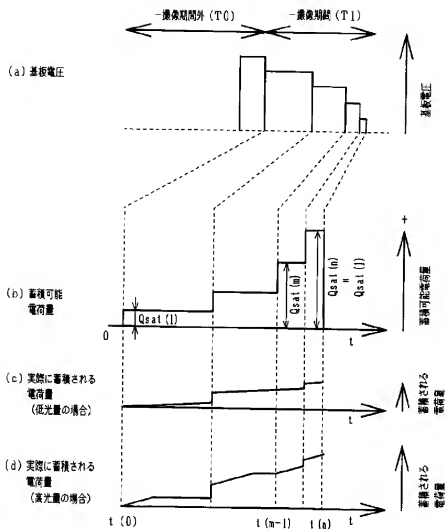
【図17】



【図 6】

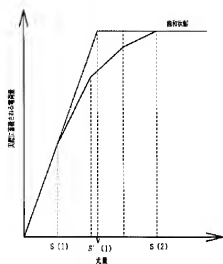


【図 8】

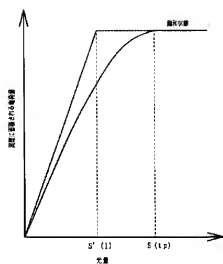




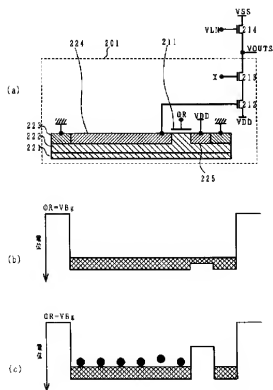
【図9】



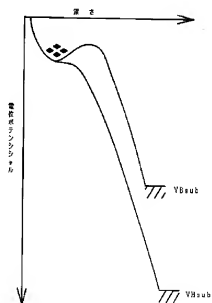
【図11】



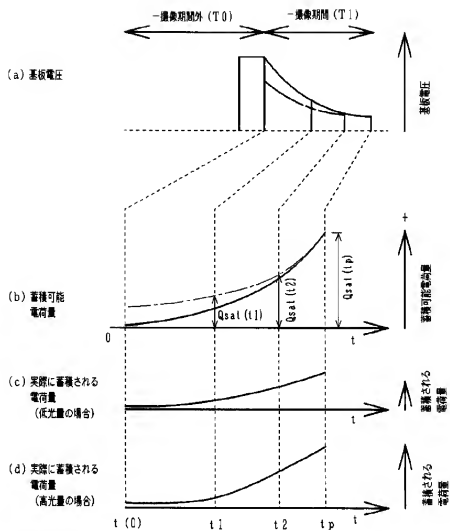
【図12】



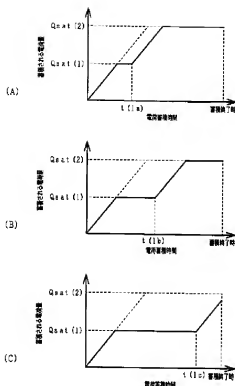
【図15】



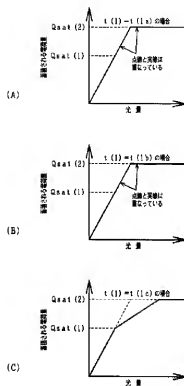
【図 10】



【図 18】



【図 19】



## 【手続補正書】

【提出日】平成 11 年 10 月 15 日（1999. 10. 15）

## 【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】マトリクス状に配置された複数のセンサ手段、当該各センサ手段に接続され、当該各センサ手段で発生した電荷を蓄積する電荷蓄積手段、当該電荷蓄積手段の蓄積可能電荷量を調整する蓄積可能電荷調整手段、当該蓄積可能電荷調整手段を制御する制御手段とから構成された固体撮像装置であって、当該制御手段は、1 撮像期間内に於いて、且つ当該各センサ手段の規定電荷飽和量内で、当該蓄積可能電荷量を時系列的に連続的若しくは非連続的に増加させ、かつその増加率を増大させる制御を実行する様に構成されている事を特徴とする固体撮像装置。

【請求項 2】当該センサ手段は、CMOS 型センサ手段及び縦型オーバーフロー型センサ手段から選択された一つである事を特徴とする請求項 1 記載の固体

撮像装置。

【請求項 3】当該蓄積可能電荷量を変化させるに際し、当該制御手段は、当該センサ手段の基板電圧若しくは当該センサ手段の電荷引抜き手段を構成するトランジスタのゲート電圧を変化させる様に構成されている事を特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の固体撮像装置。

【請求項 4】マトリクス状に配置された複数のセンサ手段、当該各センサ手段に接続され、当該各センサ手段で発生した電荷を蓄積する電荷蓄積手段、当該電荷蓄積手段の蓄積可能電荷量を調整する蓄積可能電荷調整手段、当該蓄積可能電荷調整手段を制御する制御手段とから構成された固体撮像装置に於て、当該蓄積可能電荷量は、当該制御手段によって、1 撮像期間内に於いて、且つ当該各センサ手段の規定電荷飽和量内で、当該蓄積可能電荷量を時系列的に連続的若しくは非連続的に増加させ、且つその増加率を増大させる事を特徴とする固体撮像装置の駆動方法。

【請求項 5】蓄積可能な電荷量を制御可能な固体撮像装置において、当該蓄積可能な電荷量の切替操作を、一撮像期間内に Qsat(1)、Qsat(2) の順に行い、かつ Qsat(1) の蓄積モードの終了時間を t(1)、一撮像期間の終了時間である第 2 の蓄積可能な電荷量の蓄積モードの終

了時間を  $t(2)$  とした場合、 $Q_{sat}(1)/t(1) < (Q_{sat}(2) - Q_{sat}(1))/t(2) - t(1)$  の条件を満たしている事と特徴とする請求項 4 記載の固体撮像装置の駆動方法。

【請求項 6】 蓄積開始から蓄積可能な電荷量が  $Q_{sat}(m)$  である  $m$  段階目 ( $2 \leq m \leq n$ ) の蓄積モードまでの終了時間を  $t(m)$  (一撮像期間の終了時間は  $t(n)$ ) とした場合、2 以上  $n$  未満のある  $m$ 、又はすべての  $m$  に於いて  $(Q_{sat}(m) - Q_{sat}(m-1))/t(m) - t(m-1) < (Q_{sat}(m+1) - Q_{sat}(m))/t(m+1) - t(m)$  の関係を満たすことを特徴とする請求項 4 に記載の固体撮像装置の駆動方法。

【請求項 7】 蓄積可能な電荷量を制御可能な固体撮像装置において、一撮像期間内に当該蓄積可能な電荷量が連続に変化し、その一撮像期間内における蓄積可能な電荷量の変化率  $d(Q_{sat})/dt$  が  $d(Q_{sat})/dt > 0$  であり、かつ、前記一撮像期間内のすべての期間または一部の期間において、その期間内における蓄積可能な電荷量の 2 次変化率  $d^2(Q_{sat})/dt^2$  が  $d^2(Q_{sat})/dt^2 > 0$  であることを特徴とする請求項 4 に記載の固体撮像装置の駆動方法。

【請求項 8】 当該一撮像期間の開始直前に於ける当該電荷蓄積手段に蓄積された電荷量は、実質的に零 (0) である事を特徴とする請求項 4 乃至 7 の何れかに記載の固体撮像装置の駆動方法。

【請求項 9】 当該一撮像期間の開始直前に於ける当該電荷蓄積手段に蓄積された電荷量は、予め定められた所定の電荷量が付加されている事を特徴とする請求項 4 乃至 7 の何れかに記載の固体撮像装置の駆動方法。

【請求項 10】 入射光量に対して所望の時間、信号電荷を蓄積し、基板電圧により電位障壁を制御することにより過剰電荷を基板に除去する蓄積可能な電荷量を制御可能に構成した縦型 OFD 構造を有する複数の光電変換部からなる事を特徴とする請求項 1 記載の固体撮像装置。

【請求項 11】 入射光量に対して所望の時間、信号電荷を蓄積し、ゲート電圧により電位障壁を制御することによって過剰電荷を障壁に除去した縦型 OFD 構造を有する

る光電変換部からなる事を特徴とする請求項 1 記載の固体撮像装置。

【請求項 12】 上記した請求項 4 乃至 9 の何れかに記載された駆動方法を実行する制御手段を含む固体撮像装置。

【請求項 13】 上記した請求項 4 乃至 9 の何れかに記載された固体撮像装置の駆動方法をコンピュータに実行させるためのプログラムを内蔵した記録媒体。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0016

【補正方法】 変更

【補正内容】

【0016】

【課題を解決するための手段】 本発明は上記した目的を達成する為、以下に示す様な基本的な技術構成を採用するものである。即ち、本発明に係る第 1 の態様としては、マトリックス状に配置された複数のセンサ手段、当該各センサ手段に接続され、当該各センサ手段で発生した電荷を蓄積する電荷蓄積手段、当該電荷蓄積手段の蓄積可能電荷量を調整する蓄積可能電荷調整手段、当該蓄積可能電荷調整手段を制御する制御手段とから構成された固体撮像装置であって、当該制御手段は、1 撮像期間内に於いて、且つ当該各センサ手段の規定電荷飽和量内で、当該蓄積可能電荷量を時系列的に連続的若しくは非連続的に増加させ、かつその増加率を増大させる制御を実行する様に構成されている固体撮像装置であり、又本発明に係る第 2 の態様としては、マトリックス状に配置された複数のセンサ手段、当該各センサ手段に接続され、当該各センサ手段で発生した電荷を蓄積する電荷蓄積手段、当該電荷蓄積手段の蓄積可能電荷量を調整する蓄積可能電荷調整手段、当該蓄積可能電荷調整手段を制御する制御手段とから構成された固体撮像装置に於て、当該蓄積可能電荷量は、当該制御手段によって、1 撮像期間内に於いて、且つ当該各センサ手段の規定電荷飽和量内で、当該蓄積可能電荷量を時系列的に連続的若しくは非連続的に増加させ、且つその増加率を増大させる様に制御する固体撮像装置の駆動方法である。

フロントページの続き

F ターム(参考) 4M118 AA02 AB01 BA10 BA14 CA03  
DB01 DD09 DD12 FA06 FA13  
FA38 GB11  
5C024 AA01 BA01 CA15 CA17 FA01  
GA01 GA31 GA44 GA47